

**Essais de densités  
pour la production de tomate indéterminée  
en tunnel individuel  
sous régie biologique**

Projet Innovbio 12-INNO1-03

Rapport d'étape – saison 2013

**Par**

**AVENUE BIO DE L'EST  
Le regroupement des producteurs et productrices horticoles biologiques  
du Bas-Saint-Laurent**

**Déposé le 16 décembre 2013**

**Participants**

**Gilles Turcotte, agr, M.Sc, Agronomie, AGRISYS  
Christiane Cossette, dta, MAPAQ-BSL  
Donald Dubé et Laurence Fischer, Ferme du Vert Mouton  
Richard Favreau et Monique Michaud, Ferme Val-aux-Vents**

## Table des matières

<b>Introduction .....</b>	<b>3</b>
<b>Contexte .....</b>	<b>3</b>
<b>Brève description du projet .....</b>	<b>4</b>
<b>Supervision et participants .....</b>	<b>4</b>
<b>1- Description des sites .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Ferme du Vert Mouton .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Ferme Val-aux-Vents .....</b>	<b>6</b>
<b>2- Dispositif expérimental .....</b>	<b>8</b>
<b>3- Déroulement des travaux .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Calendrier des travaux .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Climat 2013 .....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Fertilisation .....</b>	<b>15</b>
<b>3.3.1 Suivi de la fertilité .....</b>	<b>16</b>
<b>4- Les résultats .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Rendement par plant .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2 Rendement au mètre carré .....</b>	<b>21</b>
<b>4.3 Précocité .....</b>	<b>22</b>
<b>4.3.1 Rendement 2 premières récoltes .....</b>	<b>22</b>
<b>4.3.2 Rendement 3 premières récoltes .....</b>	<b>22</b>
<b>4.4 Rejets .....</b>	<b>23</b>
<b>4.4.1 Rejets au mètre carré .....</b>	<b>23</b>
<b>4.4.2 Rejets en % .....</b>	<b>23</b>
<b>4.5 Le calibre .....</b>	<b>24</b>
<b>4.6 Le taux de sucres (% Brix).....</b>	<b>24</b>
<b>4.7 Le travail et les intrants .....</b>	<b>27</b>
<b>4.7.1 Calcul de la valeur du travail et des intrants variables .....</b>	<b>28</b>
<b>4.7.2 Calcul des revenus et bénéfices accrus .....</b>	<b>29</b>
<b>5 Discussions et synthèse .....</b>	<b>30</b>
<b>5.1 Problèmes rencontrés et solutions .....</b>	<b>30</b>
<b>5.2 Synthèse .....</b>	<b>31</b>
<b>Conclusions .....</b>	<b>32</b>

## **Introduction**

Ce rapport d'étape fait état de l'avancement des travaux menés en 2013 dans le cadre du projet Essai de densités pour la production de tomates indéterminées en tunnel individuel sous régie biologique par Avenue BIO de l'Est grâce à la participation financière du Programme Innovbio – Volet 2 du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

Le projet a débuté en avril 2013, comporte deux années d'essais, et doit se terminer par la remise du rapport final le 15 novembre 2014.

## **Contexte**

La production de tomates est incontournable pour la majorité des entreprises maraîchères biologiques, notamment celles œuvrant dans les circuits courts. Les avantages démontrés des tunnels en font un mode de production de plus en plus populaire. Le coût important des structures des tunnels demande une production plus importante pour rentabiliser cet investissement. De plus, l'accroissement du coût des plants (cultivars spécialisés, plants greffés, etc.) et du coût de la main-d'œuvre (entretien des plants) diminue la marge bénéficiaire des entreprises.

Les cultivars indéterminés permettent l'accès à des cultivars à résistance spécifique (ex. moisissure olive), une récolte plus étalée ainsi qu'une meilleure utilisation du volume des structures qui peuvent les soutenir. La conduite à deux têtes permet d'utiliser la vigueur disponible dans un cycle de production relativement court, de réduire le coût de production de plants et d'utiliser l'abondance de lumière disponible durant l'été. La relativement courte saison de production en tunnel se concentre dans les mois de longue durée des jours et il convient d'utiliser au maximum cette ressource.

Ce projet va permettre de déterminer la meilleure densité pour la culture de la tomate sous tunnel tout en considérant l'impact sur la main-d'œuvre, la précocité de la récolte, et la qualité des fruits (calibre et teneur en sucres). Les résultats seront traités et présentés de façon à permettre aux autres entreprises qui auront accès au rapport final de faire un choix éclairé pour leur contexte de production. Les données agronomiques et économiques leur permettront ainsi d'améliorer leur capacité concurrentielle.

## Brève description du projet

L'objectif général est de déterminer la meilleure densité pour la culture de la tomate indéterminée biologique en grand tunnel individuel.

Trois densités sont à l'étude : 10 764, 14 352 et 19 136 plants/ha. Les plants sont tous conduits à deux têtes.<sup>1</sup> Les essais se déroulent sur deux fermes certifiées biologiques localisées à Saint-Valérien, comté de Rimouski-Neigette, dans le Bas-Saint-Laurent. Chaque ferme compare deux densités différentes, soit 10 764 vs 14 352 dans la première ferme, et 14 352 vs 19 136 dans la deuxième. Chaque ferme opère selon un interligne qui lui est propre (60 po ou 45 po), et chacune teste deux espacements différents sur le rang (18 vs 24 pouces). Le choix de cultivars différents procède des historiques particuliers de chaque ferme.

	Ferme A	Ferme B
Interligne	60 pouces	45 pouces
Espacement	18 et 24 pouces	18 et 24 pouces
Densité	18 x 60 : 14 352 plants/ha 24 x 60 : 10 764 plants/ha	18 x 45 : 19 136 plants/ha 24 x 45 : 14 352 plants/ha
Cultivar	Rebelski F1 greffée sur Maxifort F1	Big Beef F1 non greffée

Les paramètres de mesure des rendements sont le poids, le calibre, le taux de rejet et le taux de sucres (Brix) des fruits commercialisables. La mesure du temps de travail et du coût des intrants variables selon les densités permet de comparer la rentabilité des densités à l'étude.

## Supervision et participants

- ❖ Gilles Turcotte, agr, M. Sc. de Agrisys, assure la supervision scientifique du projet. Il a déjà mené deux projets de recherche avec les fermes participantes.
- ❖ Donald Dubé et Laurence Fischer, de la Ferme du Vert Mouton.
- ❖ Richard Favreau et Monique Michaud, de la Ferme Val-aux-Vents.
- ❖ Christiane Cossette, dta, MAPAQ-Bas-St-Laurent.
- ❖ Christine Villeneuve, agr, MAPAQ-Montérégie, assure le lien avec les travaux du Comité de travail sur les abris-non-chauffés.
- ❖ Daniel Bergeron, agr, MAPAQ-Centre-du-Québec, a agi comme ressource-conseil sur les questions d'irrigation.

---

<sup>1</sup> Nous avons adopté l'unité de mesure utilisée dans les divers ouvrages sur les tunnels : Un plant est un plant peu importe le nombre de têtes. Ce point est à distinguer de la littérature sur la culture en serre où on nomme une tête = 1 plant, sans égard à la conduite sur 1, 2, ou 3 têtes. En d'autres termes, nos densités, exprimées en langage de serre, seraient respectivement de 21 528, 28 704 et 38 272 plants/ha.

## **1- Description des sites**

### **1.1 La Ferme du Vert Mouton**

La Ferme du Vert-Mouton est située dans une vallée intérieure, à 173 m d'altitude. La position dans un fond plat de vallée très encaissée y favorise un fort écart journalier des températures et des gels survenant tard au printemps, puis tôt en automne. Les sols y sont générés d'une profonde couche de sédiments (fluvio-glaciaires à lacustres). Après une serre (2009), on y a implanté progressivement deux tunnels (2011 et 2012). Le choix du cultivar Rebelski F1 a été motivé en réponse à une problématique de moisissure olive (2011). Le choix d'un porte-greffe très vigoureux a été fait dans le but de compenser l'effet d'un climat généralement très frais. Le sol du tunnel utilisé en 2013 est principalement un loam sableux (71,8 S, 15,9 L et 12,3 A, 4,5% m.o.) avec inclusion sur le tiers ouest d'un loam moins bien drainé, à plus forte teneur naturelle en matière organique ( 51,9 S, 31,9 L et 16,2 A, 12,8 % m.o.). En 2012, des haricots grimpants et du concombre ont été cultivés dans ce tunnel.



Photo 1 : Vue d'ensemble Ferme du Vert Mouton; le tunnel utilisé en 2013 est au premier plan, à droite.

## 1.2- La Ferme Val-aux-Vents

La Ferme Val-aux-Vents est située plus près du littoral, à 180 m d'altitude, sur le haut d'un versant exposé nord-ouest. La saison sans gel y est distinctement plus longue qu'à la Ferme du Vert Mouton (app. 2 semaines en début et à la fin). Le sol (série Rimouski) est élaboré à partir d'un till basal souvent très mince (moy. 60 cm). Divers tunnels sont implantés depuis 2006. L'historique de bons résultats et l'absence de moisissure olive expliquent le choix du cultivar Big Beef F1. Le sol du tunnel 2013 est un loam très bien drainé dont la teneur en matière organique (m.o.) origine d'un historique de forte fertilisation. (44,5 S, 38,5 L et 17 A, 11 % m.o.). La tomate est produite dans ce tunnel à tous les 2 ans depuis 2009, faisant alternance avec une combinaison variable de haricots, épinards, mâche, laitues, courgettes et oignons.



Photo 2 : Vue aérienne Ferme Val-aux-Vents (2010). Le tunnel utilisé en 2013 est au centre-droit. Un peu à l'arrière, le tunnel prévu pour 2014. Crédit photo : Robert Savoie.

## 2- Dispositif expérimental

En 2013, les essais ont lieu dans des tunnels de type Ovaltech (56x25 pi et 72x27 pi) orientés est-ouest. Le dispositif comporte deux traitements (18 et 24 po), avec quatre réplicats chacun (placettes 1, 2, 3 et 4), répartis sur deux rangs centraux. Ces deux rangs sont bordés de part et d'autre d'un autre rang de culture de tomate indéterminée.

Chaque placette contient 7 plants : les 5 plants centraux sont à l'étude et les 2 distaux servent de plant de garde avec la placette voisine et l'extrémité du rang.

La figure 1 présente cette disposition commune aux deux tunnels.

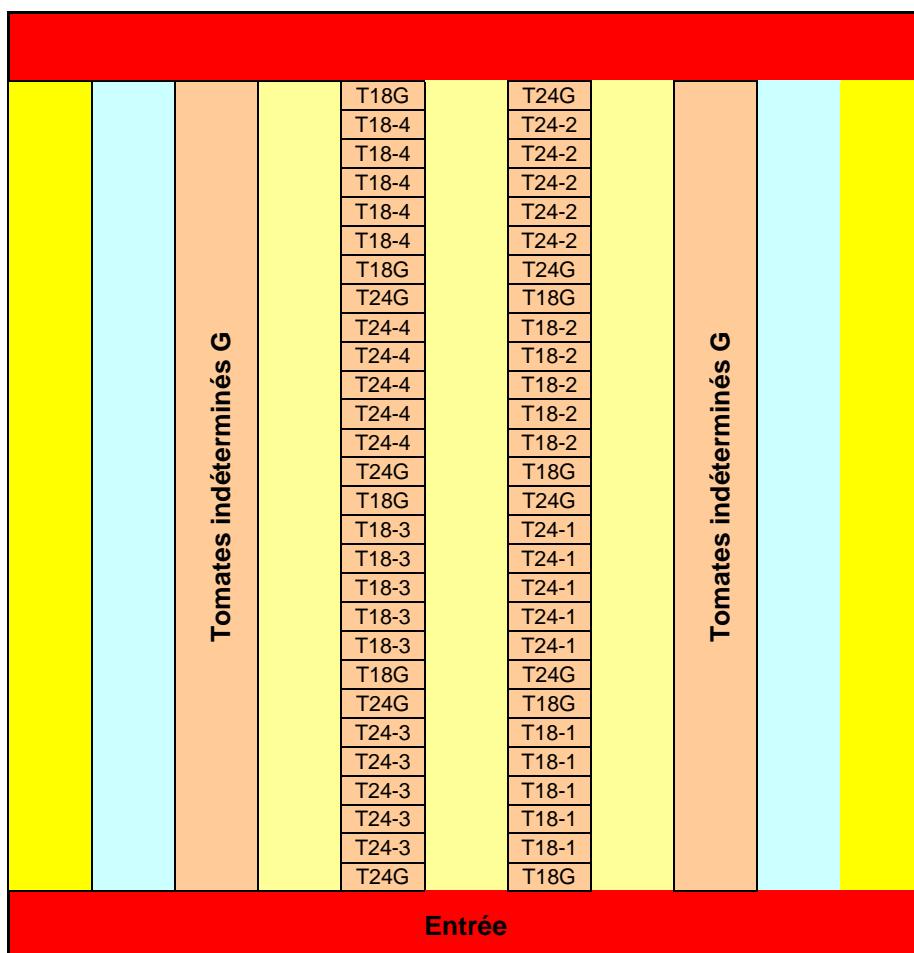


Fig. 1 – Disposition des plants échantillons (18 ou 24, 1, 2, 3 et 4), des plants (18 et 24G) et rangs de garde G. Les dimensions verticales des placettes ne sont pas à l'échelle, les cellules T18 mesurant 18 po et les cellules T24, 24 po.

Les plants sont conduits à deux têtes dans les deux fermes. À la Ferme A, les plants de Rebelski F1, greffés sur Maxifort F1, ont été éêtés au-dessus de la 2<sup>e</sup> feuille. À la Ferme B, les deux têtes des plants de Big Beef F1 (non greffés) ont été obtenues par un gourmandage sélectif : la tête principale et le gourmand situé sous le premier bouquet constituent les deux têtes.

Les plants sont conduits sur corde. L'irrigation se fait par tuyau Aquatrax, émissaire 8 po, à raison de 4 et 3 lignes/planche, respectivement pour les interlignes 60 et 45 pouces (une ligne d'irrigation par 15 pouces d'interligne). Au besoin, certaines lignes peuvent comporter des sections aveugles pour ajuster les quantités d'eau selon les densités ou les conditions de texture et de drainage. Des tensiomètres lus quotidiennement permettent de moduler les durées d'irrigation pour un arrêt à la capacité au champ. Les températures sont enregistrées par des acquisiteurs HOBO de ONSET (# UA-001-64) disposés à 6 po sous la surface ( $T^{\circ}$ -sol) ou à 75 % de la hauteur des plants ( $T^{\circ}$ -air), au centre des tunnels. Les besoins d'éléments nutritifs ont été déterminés selon les objectifs de rendements et les doses calculées sur foi des valeurs des analyses standards de début de saison, des analyses des composts et de la documentation des fabricants. Des lysimètres à succion (SSAT de Irrometer) dans chaque placette permettent de suivre l'évolution de la fertilité du sol qui est corrélable avec la conductivité électrique (CE). Deux ou trois lectures de CE méthode 2 : 1 permettent de valider les lectures des SSAT. La fertilisation complémentaire est appliquée en juillet sur une base par plant pour éviter que la fertilité ne devienne un facteur limitant.

Chaque site est visité par Gilles Turcotte, superviseur scientifique du projet, le 8 juillet, accompagné de Daniel Bergeron, agr., MAPAQ-Québec. Outre l'état de développement des plants et leur caractère végétatif ou génératif, la conduite des plants, la disposition des tensiomètres, la chaleur du sol et la profondeur de l'enracinement font l'objet d'attentions particulières.

La récolte des fruits se fait d'abord sur les fruits colorés (premières récoltes), puis sur les fruits nettement étoilés. Les fruits de la dernière récolte font l'objet d'un suivi de 21 jours sur une caisse-témoin, au-delà desquels les fruits non-commercialisés sont rejettés; en ce cas, un ratio cueilli/commercialisé permet d'établir un % servant au redressement des valeurs de cette dernière récolte.

Les rendements sont calculés à chaque récolte, pour chacune des placettes :

- 1- Poids et nombre des fruits commercialisables
- 2- Poids et nombre de fruits rejettés
- 3- Le calibre est calculé par la division du poids par le nombre de fruits

Pour chaque placette, à chaque récolte, l'évaluation de la teneur en sucres a été faite en mesurant l'indice réfractométrique (% Brix). Cet indice donne une mesure de la matière sèche soluble qui est étroitement corrélée à la teneur en sucres d'un fruit. Après chaque récolte, deux fruits ont été placés en salle de mûrissement pour une période de 7 jours avant la mesure. Cette dernière a été réalisée avec la purée combinant une tranche de tomate de ces deux fruits, chacune extraite à une distance d'environ 1 cm de l'apex. La teneur en sucres a été évaluée avec un réfractomètre Hanna HI96801.

En page suivante, deux photos illustrent le dispositif à la Ferme B.



Photo 3 : Dispositif (interligne 45 pouces), avant la pose de la deuxième corde, 16 juin 2013 (Ferme B).



Photo 4 : Vue dans même direction le 5 septembre 2013. Le cylindre aluminisé agit comme bouclier pour la sonde HOBO. (Ferme B)



Photo 5 – Vue intérieure (Ferme A). Remarquer l'interligne à 60 pouces. Un rang de garde à droite composé de tomates cerises indéterminées. À gauche, les deux rangs du projet (Rebelski F1 greffées sur Maxifort F1). 3 août 2013.

### 3- Déroulement des travaux

#### 3.1 Calendrier de production

Le tableau ci-dessous résume les étapes de la production dans les deux sites.

	Ferme A	Ferme B
Semis	11 avril	27 mars
Greffage	29 avril	n/a
Repiquage	10 mai	28 avril
Plantation	3 juin <sup>2</sup>	22 mai
Stade à la plantation	3 feuilles à chacune des deux têtes	7 feuilles sur une tête; la deuxième tête sera conduite (longueur 15 cm) à compter du 22 juin
Floraison premier bouquet	24 juin	15 juin
Visite de Gilles Turcotte et Daniel Bergeron	8 juillet	8 juillet
Fertilisation complémentaire	17 juillet	13 juillet
Étêtage	7 août	10 août
Stade à l'étêtage	Conservés : 12-14 bouquets dont 10 noués et 2-4 ouverts	Conservés : 11-15 bouquets dont 9-12 nouées et 2-3 ouverts; reprise et suppression des non-noués le 18 août
Premier fruit mûr	29 août	18 août
Première récolte	29 août	18 août
Récolte finale	2 octobre	5 octobre
Nombre de récoltes	5	8
Retrait des plants	6 novembre	1 <sup>er</sup> novembre

<sup>2</sup> La date plus tardive de plantation en Ferme A n'est pas attribuable à un retard, mais représente bien les conditions climatiques limites de ce site. En effet, la température de l'air dans le tunnel atteint un minimum de -2,61 °C le 28 mai, et, trois jours après la plantation, -0,32 °C ! Il n'aurait donc pas été raisonnable de planter plus tôt.

### 3.2 Climat 2013

La saison 2013 a été caractérisée par un printemps tardif, très frais et peu ensoleillé, suivi d'un début d'été exceptionnellement humide affectant le rythme de ressuyage printanier. Par exemple, à la Ferme B, on a observé le 10 juillet un écoulement dans un fossé saisonnier qui a toujours été à sec (18 ans d'observation) le 24 juin. Il n'y a pas eu de période caniculaire marquée. Les gels tardifs et hâtifs sont survenus dans les dates moyennes.

Le printemps tardif et peu lumineux a ralenti la production de plants en serre expliquant la mise en terre de plants beaucoup moins développés qu'à l'habitude à la Ferme A. À la Ferme B, la production intérieure sous lumière artificielle a permis d'éviter ce problème; toutefois, le calibre y était irrégulier (distancement insuffisant ou irrégulier).

Tableau 3.2 Comparaison Ferme A et Ferme B 2013								
Moyennes saisonnières des maxima, minima et moyennes quotidiens								
Période du 23 mai au 5 octobre 2013								
	SOL			AIR			Nb jours critiques (air)	
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	MOY	MIN
							16<x<23 °C	< 13 °C
Ferme A	18,42	14,31	16,32	27,47	7,78	16,82	71	125
Ferme B	18,49	15,49	16,94	29,13	9,71	17,51	77	110
Diff A-B	0,09	-1,17	-0,62	-1,66	-1,93	-0,69	-6	15

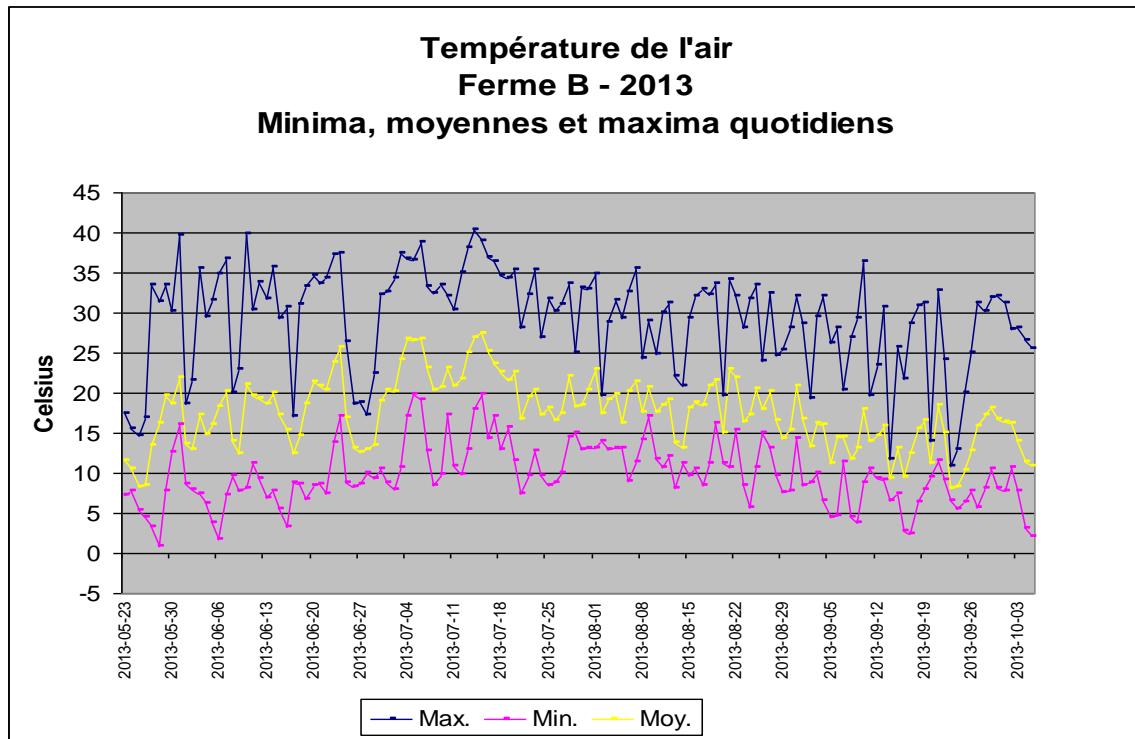
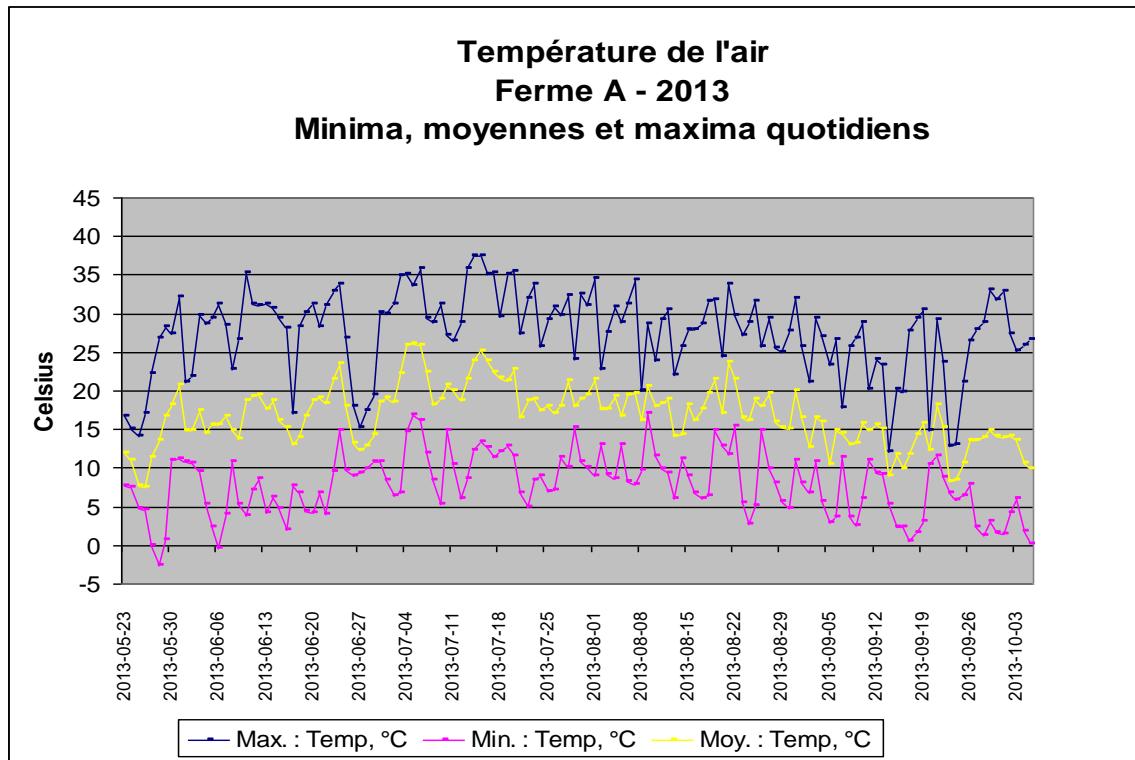
Le tableau 3.2 illustre bien la relative fraîcheur du climat à la Ferme A. L'écart des minima moyens pour l'air (près de 2 °C) est considérable; cette valeur excède l'effet des tunnels quant à la protection nocturne ! (1,5 °C selon 08-BIO-53). Les températures minimales (-1,17 °C) et moyennes (-0,62 °C) pour le sol sont aussi plus basses.

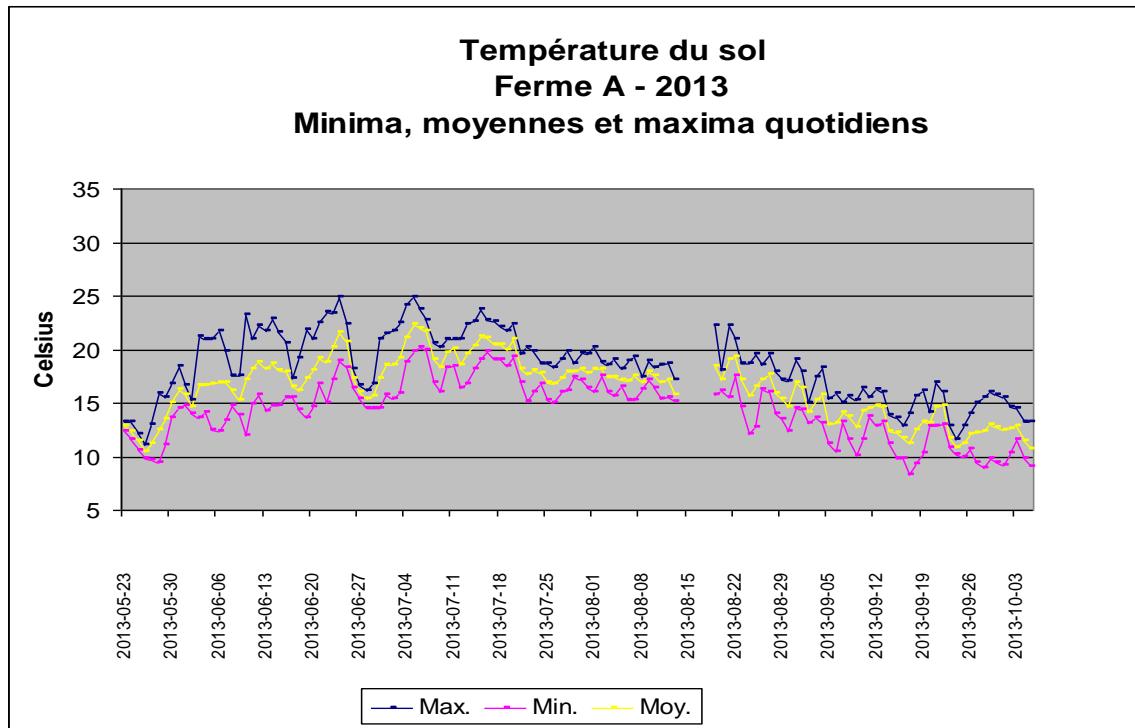
On y remarque aussi le moindre nombre de jours à température moyenne de l'air acceptable ( $16 < x < 23$  °C), soit 71 vs 77, et un plus grand nombre de jours à minima de l'air trop frais (<13 °C), soit 125 vs 110.



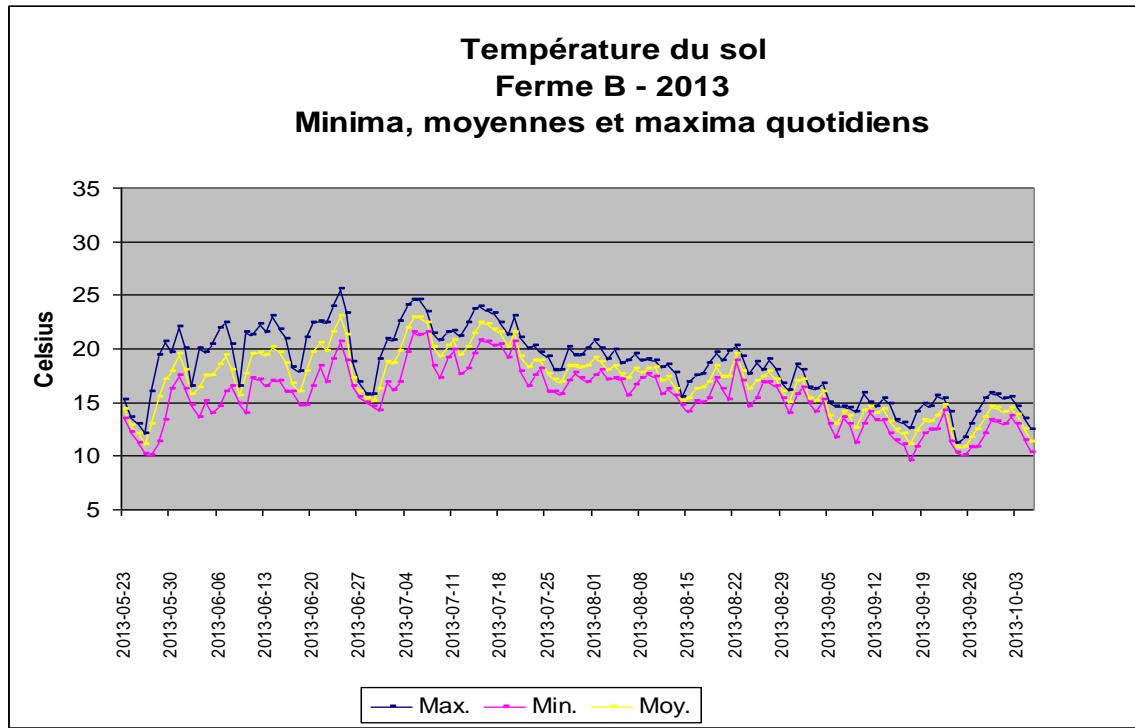
Les graphiques en page suivante présentent les valeurs quotidiennes minimales, moyennes et maximales pour l'air et le sol dans chacune des fermes. Ils mettent en relief plusieurs journées de chaleur excessive ( $> 35$  °C) à la ferme B, notamment durant la première quinzaine de juillet. Ces journées peuvent être mises en cause pour expliquer la présence de bouquets mal noués au niveau du 4<sup>e</sup> bouquet de chaque tête.

Photo 6 : Exemple de bouquets mal noués (Ferme B)





Remarque : le hiatus du 14 au 18 août est dû à un déterrement accidentel invalidant les données.



### 3.3 Fertilisation

La fertilisation a été calculée en tenant compte de la richesse du sol ainsi que des besoins des cultures pour un rendement donné. L'objectif de rendement de chaque ferme étant de 14 kg/m<sup>2</sup>, les besoins totaux ont été exprimés comme suit :

- 3,2 kg N /100 m<sup>2</sup>;
- 0,8 kg P /100 m<sup>2</sup>;
- 6,7 kg K /100 m<sup>2</sup>;
- 2,0 kg Ca /100 m<sup>2</sup>;
- 0,4 kg Mg /100 m<sup>2</sup>.

La fertilisation a été calculée pour chaque ferme en tenant compte du type de fertilisant, du taux prévisible de disponibilité, et du fractionnement des applications. Une recommandation pour chaque ferme a été émise en début de saison ainsi qu'après la visite de Gilles Turcotte le 8 juillet. Devant la vigueur du traitement de haute densité (espacement 18 po) à chaque ferme, il a été résolu de moduler le deuxième apport sur la base du plant (et non de la surface). Ainsi, chaque plant, sans égard à la densité, a reçu le même complément.

Les deux tableaux qui suivent montrent une comparaison de la fertilité du sol des placettes où les traitements de densité (espacement 18 po versus 24 po) ont été placés dans les deux fermes. Dans ces tableaux, la fertilité est exprimée par les résultats d'analyses standards. Pour ces analyses, des échantillons de sol ont été prélevés avant la plantation et après l'arrachage des plants de tomates. Globalement, pour les deux fermes on remarque que la fertilité du sol était comparable pour les deux traitements de densité. Pour la ferme A, on note un peu plus de variabilité, ce qui peut s'expliquer par l'hétérogénéité du sol dans le tunnel où ont été réalisé les essais (voir la section 1.1).

Analyses standard avant-après selon traitement (A-18 et A-24)						
Ferme A						
Note : la fertilisation initiale a été effectuée AVANT le prélèvement pour analyse						
	A-18	A-24		A-18	A-24	
	Avant	Avant		Après	Après	
pH-eau	6,3	6,5		6,3	6,5	
pH-tampon	6,9	6,9		6,7	6,8	
Mat. Org %	6,4	7,7		7,1	5,7	
P	107	164		62	57	
K	873	1384		156	114	
Ca	4831	5609		5403	4943	
Mg	522	817		403	380	

Pour la Ferme B, on ne note pratiquement pas de différence au niveau de la fertilité du sol d'un traitement à l'autre, que ce soit en début ou en fin de saison. Selon nos indicateurs de fertilité, on peu affirmer que les conditions de nutrition minérale n'ont pas favorisé plus un traitement qu'un autre.

Analyses standard avant/après selon traitement (B-18 vs B-24) Ferme B 2013						
	B-18	B-24		B-18	B-24	
	Avant	Avant		Après	Après	
pH-eau	7,2	7,2		7,4	7,3	
pH-tampon	7,2	7,2		7,4	7,3	
Mat. Org %	11	11,1		11,5	11,5	
P	133	124		232	231	
K	334	303		737	763	
Ca	8518	8682		7620	7806	
Mg	447	433		639	675	

### 3.3.1 Suivi de la fertilité

Des lysimètres à succion (SSAT de Irrometer) ont été installés dans chaque placette. Le suivi devait permettre de vérifier si la fertilité évoluait différemment selon les traitements. Les valeurs obtenues ont permis d'enregistrer l'évolution de la fertilité tout au long de la saison.



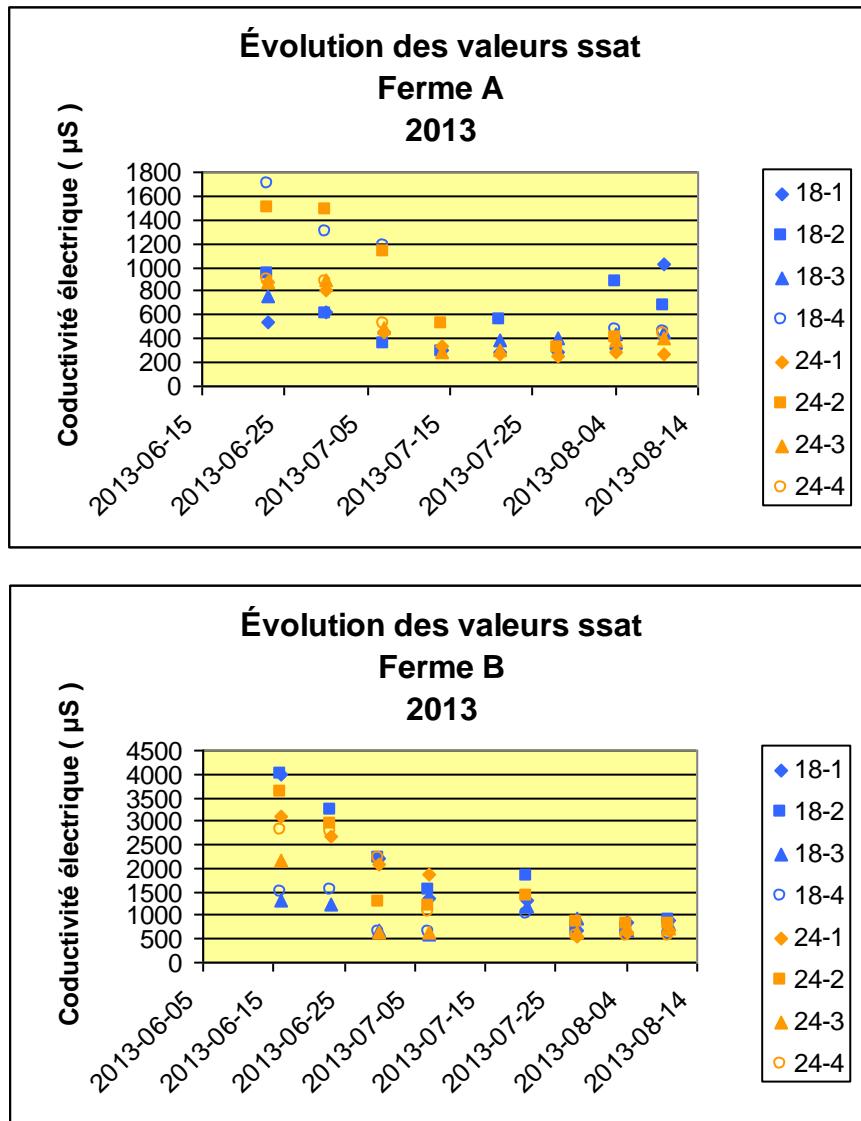
Toutefois, leur interprétation en temps réel a été confrontée à deux ordres de problème.

D'emblée, les lysimètres sont très exigeants quant à leur installation; à maintes reprises, il a été impossible d'extraire assez de solution pour en faire lecture avec les conductivimètres.

D'autre part, les valeurs absolues mesurées sur les placettes d'un même traitement sont très éparses. De même, les lectures sont d'un ordre de grandeur bien différent d'une ferme à l'autre.

Photo 7 : Lysimètre (SSAT) et tensiomètre

Les graphiques suivants présentent les valeurs SSAT obtenues pour chaque ferme. Elles sont exprimées en micro-siemens ( $\mu\text{S}$ ).



On peut observer la même tendance dans les valeurs SSAT dans les deux fermes : fortes valeurs en début de saison, décroissance jusqu'au 15 juillet (fertilisation complémentaire), et stabilisation en août (sauf T-18 de la Ferme A). Pour une même date et un même traitement (18 ou 24), les valeurs sont réparties sur une plage très étendue en première moitié de saison, plage qui tend à se resserrer plus tard, particulièrement dans la Ferme B.

En portant attention à l'échelle verticale (gauche), on constate que les valeurs sont toujours considérablement plus élevées dans la Ferme B.

Pourtant, les valeurs des CE 2 :1 de la Ferme B sont toujours beaucoup plus basses que celles mesurées à la Ferme A.

Valeurs moyennes des CE 2 :1 pour chaque traitement				
	16 juin	23 juin	7 juillet	28 juillet
Ferme A-18	n.d.	n.d.	509	515
Ferme A-24	n.d.	n.d.	395	438
Ferme B-18	198	240	170	143
Ferme B-24	200	480	186	133

Ces observations nous mènent à croire que les solutions extraites dans la ferme A auraient tout probablement été diluées par les eaux sous-jacentes à la céramique qui opère à une pression négative initiale de -70 cb environ. En effet, il nous a été permis de constater, lors de la visite du 8 juillet, que les sols du tunnel de la Ferme A étaient mal drainés, en raison de la localisation du site et des conditions exceptionnelles de pluviométrie de 2013.

Plusieurs conditions des microsites peuvent expliquer les variations à l'intérieur d'une même ferme; présence de cailloux ou poche d'air influant sur la tension de succion, intensité d'irrigation variant d'amont en aval, différences de structure, etc. Certains facteurs peuvent influer sur la quantité et la qualité de la succion entre les diverses dates de prélèvement : humidité, quantité d'irrigation, compétition par les plants variant avec la température, etc.

Il conviendra de réserver un temps de calibrage tôt en saison 2014 pour réduire l'action des facteurs interférant avec l'action des lysimètres à succion. Ce calibrage inclurait :

- uniformiser la structure et le drainage du sol entre les microsites.
- tester la qualité de l'installation pour viser une uniformité des quantités extraites
- uniformiser les heures de mise sous tension et de prélèvement; nous envisageons une extraction durant la nuit, lorsque les plantes extraient peu.

## 4- Les résultats

Les tableaux qui suivent présentent, pour chaque ferme, les valeurs obtenues pour chaque paramètre dans chaque placette. Chaque paramètre fera l'objet plus loin d'une présentation détaillée. Pour chacun, seront présentés la moyenne, l'écart-type et les résultats de l'analyse statistique. La méthode du t-test et un ajustement Bonferroni ont été choisis en raison de la présence de seulement deux niveaux dans le facteur densité dans chaque site. Nous avons utilisé les seuils de significativité (*a*) de  $p \leq 0,05$  : *significatif*;  $p \leq 0,005$  : *très significatif* et  $p \leq 0,0005$  : *très hautement significatif*.

Ferme A								
Placette	Rendement commercialisable				Rejet		Calibre	Taux de sucres
	kg/plant	kg/m <sup>2</sup>	2 premières récoltes kg/m <sup>2</sup>	3 premières récoltes kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	%	kg	% Brix
A-18-1	5,40	7,75	0,49	4,85	0,74	9,6	0,280	4,76
A-18-2	5,68	8,16	1,49	5,92	0,28	3,4	0,288	4,21
A-18-3	4,92	7,07	1,62	4,52	0,73	10,3	0,205	4,10
A-18-4	5,31	7,62	0,72	4,78	0,17	2,3	0,266	4,21
A-24-1	6,01	6,46	0,80	3,77	0,17	2,7	0,299	4,11
A-24-2	5,46	5,88	0,79	3,55	0,25	4,2	0,268	4,43
A-24-3	5,35	5,76	0,61	3,63	0,57	9,8	0,265	4,24
A-24-4	7,20	7,75	1,36	3,94	0,50	6,4	0,271	4,32

**Traitements :** A-18-1, 2, 3 et 4 : 18 po x 60 po, 1,4352 plant/m<sup>2</sup>; A-24-1, 2, 3 et 4 : 24 po X 60 po, 1,0764 plant/m<sup>2</sup>

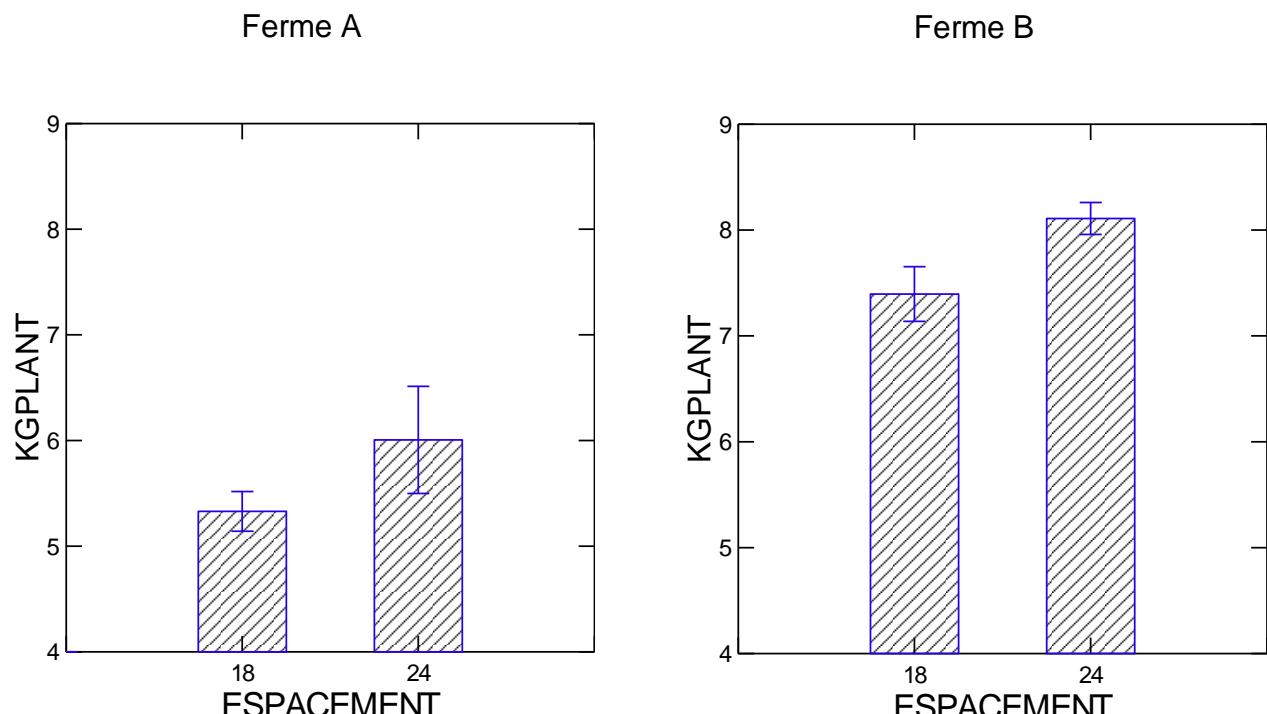
Ferme B								
Placette	Rendement commercialisable				Rejet		Calibre	Taux de sucres
	kg/plant	kg/m <sup>2</sup>	2 premières récoltes kg/m <sup>2</sup>	3 premières récoltes kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	%	kg	% Brix
B-18-1	7,94	15,19	0,47	3,41	0,00	0	0,268	4,63
B-18-2	6,96	13,32	0,00	1,17	0,21	1,6	0,219	4,58
B-18-3	7,16	13,71	0,44	1,69	0,56	4,1	0,246	4,60
B-18-4	7,52	14,39	0,25	1,40	0,19	1,3	0,241	4,78
B-24-1	8,06	11,56	0,12	1,24	0,40	3,5	0,274	4,53
B-24-2	8,03	11,53	0,48	1,44	0,40	3,5	0,249	4,94
B-24-3	8,47	12,15	0,44	1,94	0,13	1,1	0,257	4,71
B-24-4	7,88	11,31	0,57	1,76	0,27	2,4	0,239	4,64

**Traitements :** B-18-1, 2, 3 et 4 : 18 po x 45 po, 1,9136 plant/m<sup>2</sup>; B-24-1, 2, 3 et 4 : 24 po x 45 p., 1,4352 plant/m<sup>2</sup>

## 4.1 Le rendement par plant

Comme expliqué, le rendement a été obtenu par la pesée de chaque récolte dans chaque placette. Les rendements comprennent exclusivement les fruits commercialisables. Pour la dernière récolte, une caisse de suivi a été pesée avant et après une période de 21 jours. Les fruits restants ainsi que les fruits devenus non commercialisables en cours de route ont été soustraits. Ceci a permis d'appliquer un ratio de redressement des valeurs de la dernière récolte.

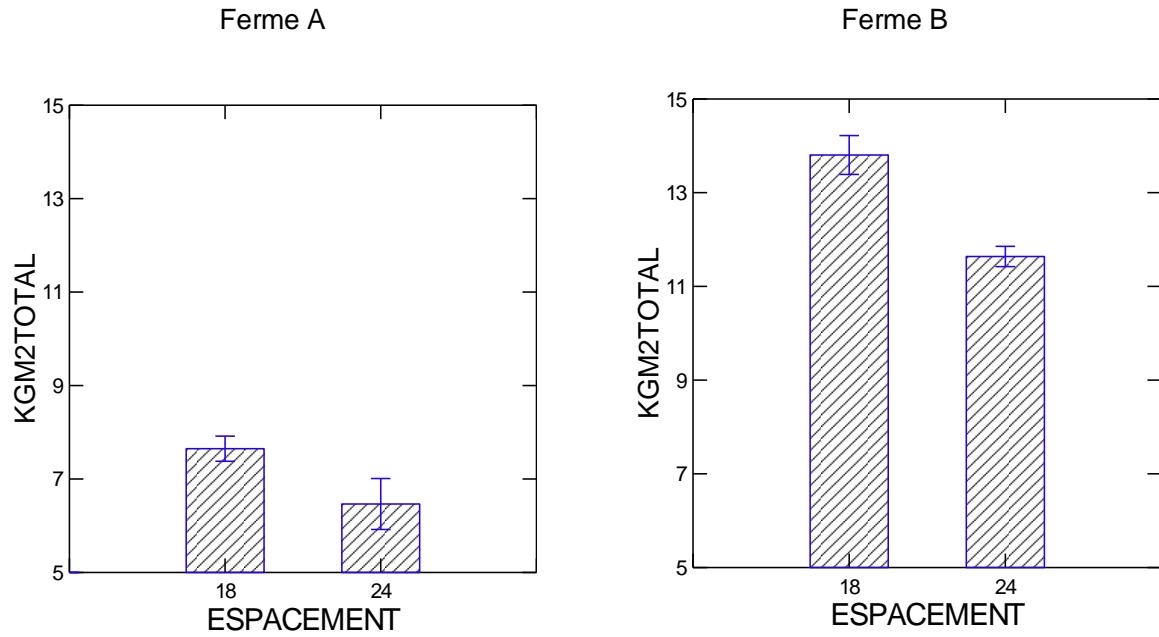
Dans les deux fermes, le traitement de moindre densité (24 po) a donné le meilleur rendement par plant. L'écart est significatif à la Ferme B ( $p=0,029$ ).



	Moyenne	Écart-type
A- 18 x 60	5,329	0,314
A- 24 x 60	6,005	0,847
	$p = 0,212$	Non significatif

	Moyenne	Écart-type
B- 18 x 45	7,396	0,431
B- 24 x 45	8,109	0,252
	$p = 0,029$	Significatif

## 4.2 Le rendement au mètre carré



	Moyenne	Écart-type
A- 18 x 60	7,648	0,450
A- 24 x 60	6,464	0,912
	p=0,059	Non significatif

	Moyenne	Écart-type
B- 18 x 45	14,153	0,825
B- 24 x 45	11,638	0,361
	p= 0, 001	Très significatif

Le traitement à haute densité (18 po) donne les meilleurs rendements au mètre carré. La différence est très significative à la Ferme B et atteint presque le seuil de significativité à la Ferme A (0,059).

Ceci représente un rendement accru de 18,3 % à la Ferme A et de 21,5 % à la Ferme B.

La différence entre les rendements au mètre carré entre les deux fermes tient d'abord au fait du plus grand interligne en Ferme A (60 po vs 45 po) et aussi aux conditions climatiques particulières qui y ont affecté négativement la production.

## 4.3 La précocité

La précocité s'exprime d'abord par la date de maturation des premiers fruits. La densité n'a eu aucun effet dans les deux fermes; les dates sont identiques pour chaque traitement.

- Ferme A : 29 août (18 et 24 pouces)
- Ferme B : 18 août (18 et 24 pouces)

Cette date étant le fait de petites quantités, il est plus utile d'évaluer la précocité en termes de rendement hâtif (avant la date  $x$ , *early harvest* dans les études aux É.-U.). Vu les différences climatiques entre les deux sites, qui expliquent une récolte débutant plus tôt à la Ferme B, nous n'utiliserons pas le critère de date fixe (rendement avant date  $x$ ); nous utiliserons plutôt les rendements des 2 premières et des 3 premières récoltes.

### 4.3.1 Rendement des 2 premières récoltes ( $\text{kg/m}^2$ )

Ferme A		
	Moyenne	Écart-type
A- 18 x 60	1,079	0,560
A- 24 x 60	0,888	0,324
	p= 0,577	Non significatif

Ferme B		
	Moyenne	Écart-type
B- 18 x 45	0,291	0,218
B- 24 x 45	0,404	0,194
	p= 0,466	Non significatif

Le traitement ne donne pas d'effet significatif dans les deux fermes quant au rendement des deux premières récoltes et les tendances exprimées sont contraires d'une ferme à l'autre.

### 4.3.2 Rendement des 3 premières récoltes ( $\text{kg/m}^2$ )

Ferme A		
	Moyenne	Écart-type
A- 18 x 60	5,016	0,622
A- 24 x 60	3,721	0,171
	p=0,007	Très significatif

Ferme B		
	Moyenne	Écart-type
B- 18 x 45	1,916	1,018
B- 24 x 45	1,596	0,313
	p= 0, 569	Non significatif

Le traitement de plus haute densité (18 po) a un effet très significatif sur les trois premières récoltes à la ferme A. À la ferme B, la légère tendance n'est pas significative. Il est à remarquer qu'il y a eu 5 récoltes à la Ferme A et 8 récoltes à la ferme B. Les quantités récoltées durant les 3 premières récoltes à la Ferme A représentent plus de 60 % du rendement saisonnier tandis qu'à la Ferme B, seulement 15 %.

## 4.4 Les rejets

Les résultats sont présentés en poids de rejets ainsi qu'en pourcentage. Les rejets pris en compte sont ceux identifiés au moment de la récolte. Ils n'incluent pas les fruits rejetés après la récolte, dont tout particulièrement la dernière. Ils n'incluent pas non plus les fruits de calibre inférieur. Un critère devra être appliqué pour ces derniers en 2014.

### 4.4.1 Rejets en kg/m<sup>2</sup>

Ferme A		
	Moyenne	Écart-type
A- 18 x 60	0,48	0,297
A- 24 x 60	0,371	0,191
	0,563	Non significatif

Ferme B		
	Moyenne	Écart-type
B- 18 x 45	0,242	0,235
B- 24 x 45	0,304	0,130
	p= 0,661	Non significatif

### 4.4.2 Rejets en %

Ferme A		
	Moyenne	Écart-type
A- 18 x 60	6,386	4,135
A- 24 x 60	5,778	3,117
	0,823	Non significatif

Ferme B		
	Moyenne	Écart-type
B- 18 x 45	1,75	1,714
B- 24 x 45	2,625	1,141
	0,428	Non significatif

Dans les deux fermes, peu importe l'expression (kg/m<sup>2</sup> ou pourcentage), le traitement n'a pas d'effet significatif sur les rejets. On note des tendances contradictoires entre les fermes : à la Ferme A, on observe plus de rejets dans le traitement à haute densité (18 pouces) tandis que c'est l'inverse en Ferme B. L'application de critères plus stricts en 2014 permettra de mieux évaluer l'effet de la densité sur les rejets.

## 4.5 Le calibre

Le calibre a été calculé, pour chaque placette et chaque récolte, par la division du poids de fruits commercialisables par leur nombre. L'absence de critère de rejet quant à un calibre minimal donne un biais aux valeurs enregistrées. En effet, les petits fruits diminuent le calibre obtenu par le calcul. Il est à noter que ces petits fruits ont pu servir à compléter les lots offerts dans les paniers type ASC et ont été effectivement commercialisés, même s'ils n'auraient pas été présentables dans un marché public ou dans les caisses plus standardisées offertes aux restaurateurs. Dans un objectif de transfert, l'application de critères de rejets basés sur le calibre permettra de représenter les conditions de mise en marché d'un plus grand nombre d'entreprises.

Ferme A		
	Moyenne	Écart-type
A- 18 x 60	0,26	0,038
A- 24 x 60	0,276	0,015
	0,467	non-significatif

Ferme B		
	Moyenne	Écart-type
B- 18 x 45	0,244	0,020
B- 24 x 45	0,255	0,015
	0,408	Non significatif

Il n'y a pas d'effet significatif du traitement sur le calibre. Toutefois, dans les deux fermes, une tendance est observable à l'effet d'un calibre légèrement plus important (app. 4-5%) dans le traitement à moindre densité (24 po). La soustraction des fruits de très petit calibre en 2014 permettra de voir si les écarts seront plus importants.

## 4.6 Le taux de sucres (% Brix)

L'évaluation du taux de sucres<sup>3</sup> a été obtenue par la lecture de l'indice de Brix par un réfractomètre de la purée combinant deux tranches de tomates, chacune provenant d'un fruit distinct et prélevée en deuxième position (1 cm environ) à partir de l'apex.

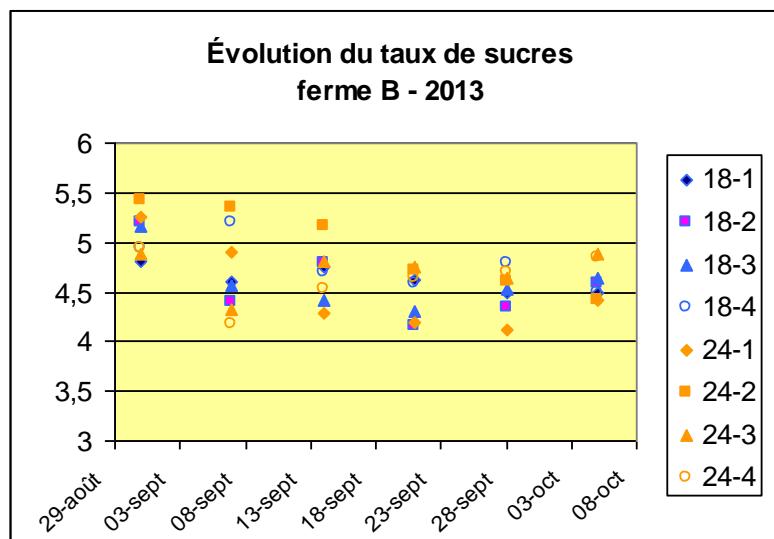
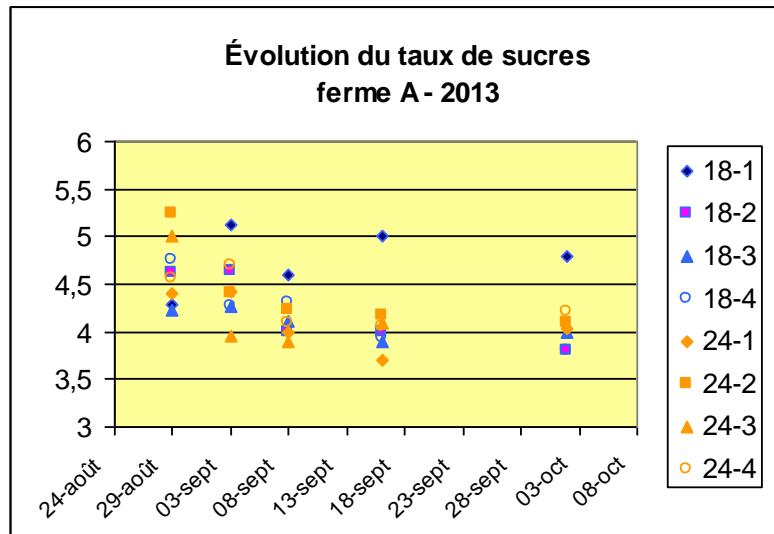
L'écart observé est inférieur aux gradients de lecture (0,2 % Brix) et d'affichage (0,1 % Brix) de l'instrument (HI96801 de Hanna). Pour chaque traitement, les moyennes saisonnières montrent très peu d'écart et on observe de faibles tendances inverses d'une ferme à l'autre.

Ferme A		
	Moyenne	Écart-type
A- 18 x 60	4,321	0,299
A- 24 x 60	4,276	0,133

Ferme B		
	Moyenne	Écart-type
B- 18 x 45	4,648	0,093
B- 24 x 45	4,706	0,175

Ces tableaux masquent les fortes variations saisonnières observées à l'intérieur de chaque placette (graphiques en page suivante).

<sup>3</sup> Voir page 8, avant-dernier paragraphe.



Ces deux graphiques illustrent bien deux phénomènes :

- ✓ une tendance généralisée de réduction de la valeur de Brix plus on avance dans la saison;
- ✓ les variations parfois fortes des valeurs à une date donnée.

Il se peut qu'une partie de ces variations proviennent des variations normales entre les fruits : localisation sur le plant (1<sup>ière</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> grappe, etc.), nombre de fruits dans la grappe, exposition du fruit, etc. Ce type de variation est renforcé du fait d'une seule mesure (portant sur deux fruits) par placette et par date.

Néanmoins, nous avons fait l'exercice d'analyser l'effet du traitement pour chaque date.

Ferme A		29-août	03-sept	08-sept	16-sept	02-oct
18 x 60		4,470	4,570	4,255	4,207	4,100
24 x 60		4,800	4,373	4,057	4,005	4,110
P		0,210	0,471	0,231	0,503	0,973

Ferme B						
	31-août	07-sept	14-sept	21-sept	28-sept	05-oct
18 x 45	5,025	4,690	4,665	4,415	4,535	4,555
24 x 45	5,124	4,685	4,690	4,580	4,515	4,640
P	0,561	0,988	0,908	0,370	0,905	0,543

Dans aucun cas on ne constate d'effet significatif ni de tendances. À la Ferme A, le traitement de haute densité (18 po) donne les plus hauts taux de sucres 3 fois sur 5 (une date étant à quasi-égalité et l'autre avantageant la basse densité). À la ferme B, le traitement de basse densité (24po) donne les meilleurs résultats 4 fois sur 6. Dans tous les cas, la différence est très faible sauf pour la Ferme A, le 29 août 2013. Il sera intéressant d'observer les résultats de 2014 si la saison est plus lumineuse, chaude et hâtive.

## 4.7 Le travail et les intrants

L'intérêt du secteur pour la présente étude réside en la question suivante :

*Quelle est la meilleure densité ?*

La meilleure densité n'est pas nécessairement celle qui offre le meilleur rendement, mais celle qui permet à l'entreprise d'en retirer le meilleur bénéfice. Ce qui nous permet d'exprimer la vraie question :

*Quelle densité de plantation est la plus rentable ?*

Les données sur le travail ont porté sur les actions dont la durée varie selon la densité. Une fois accordée une valeur au travail et aux intrants variables, il est possible de déterminer s'il y a bénéfice accru ou non. En d'autres termes, pour produire  $x$  kg de plus au mètre carré représentant une valeur excédentaire de  $y$ , combien coûte le travail excédentaire ( $z$ ).

Si  $z$  excède  $y$  : l'amélioration du rendement n'est pas profitable.

Si  $y$  excède  $z$ , l'amélioration du rendement est profitable (bénéfices accrus).

**Méthodologie** : Pour chaque action à durée variant selon la densité, le temps d'exécution a été mesuré puis extrapolé en temps/m<sup>2</sup>. La même opération a été effectuée pour les intrants dont la quantité varie selon les densités.

Le tableau qui suit résume les actions et intrants pris en compte et ceux qui sont jugés fixes selon la densité.

Travaux et intrants variables	Travaux et intrants fixes
<b>Travaux</b> Désinfection des semences, semis, désinfection des contenants, repiquage, déménagement de plants (pouponnière et site plantation), plantation, pose des cordes, drageonnage, conduite sur corde, étage, récolte, retrait des plants.	<b>Travaux</b> Mise en route du tunnel, travail du sol, fertilisation initiale, arrosage des plants, pose des lignes de broches, irrigation et ventilation du tunnel, désherbage/binage, dénombrement et pesées, entreposage, mise en marché, frais généraux, observation, conseils, etc.
<b>Intrants</b> Semences, terreau d'empotage, complément de fertilisation, crochets et cordes (amort. 5 ans).	<b>Intrants</b> Broches, coût de machinerie, matériaux d'irrigation, fertilisation initiale (uniforme au m <sup>2</sup> ), contenants, entrepôt, terrain, DDIRTA (Déduction pour amortissements, Intérêts, Réparations, Taxes et Assurances), etc.

La valeur du temps a été obtenue, pour chaque entreprise, en divisant le chiffre d'affaires global par le nombre d'heures travaillées.

#### 4.7.1 Présentation des valeurs de travail et intrants variables

Les valeurs du travail et des intrants sont résumées dans le tableau ici-bas.

	<b>Ferme A</b>	<b>Ferme B</b>
<b>Travail (minutes)</b>		
Production de plants	7,917	3,884
Plantation	3,692	3,231
Cordes, broches et liaison initiale	3,692	3,282
Gourmandage, conduite et tailles	9,923	9,565
Récolte	5,462	7,672
Retrait des plants	2,769	2,941
Total temps de travail par plant (minutes)	33,456	30,575
Valeur horaire du travail	12,80 \$	13,38 \$
<b>Valeur du travail par plant</b>	<b>7,137 \$</b>	<b>6,818 \$</b>
<b>Intrants</b>		
Semences	1,476 \$	0,053 \$
Terreau d'empotage	0,212 \$	0,132 \$
Fertilisation complémentaire	0,088 \$	0,193 \$
Crochets et cordes (2 x 0,12 \$ /5 ans)	0,048 \$	0,048 \$
<b>Total coûts d'intrants par plant</b>	<b>1,824 \$</b>	<b>0,425 \$</b>
<b>Total coûts variables par plant</b>	<b>8,961 \$</b>	<b>7,244 \$</b>
<b>Calcul de la différence des coûts au m<sup>2</sup></b>		
Coût variables au m <sup>2</sup> (1,9136 plant/m <sup>2</sup> )	n/a	13,861 \$
Coût variables au m <sup>2</sup> (1,4352 plant/m <sup>2</sup> )	12,861 \$	10,396 \$
Coût variables au m <sup>2</sup> (1,0764 plant/m <sup>2</sup> )	9,646 \$	n/a
<b>Différence (coût accru forte densité en \$/m<sup>2</sup>)</b>	<b>3,215 \$</b>	<b>3,465 \$</b>

Remarque- Le coût par plant supérieur à la Ferme A origine principalement du travail de greffage et du coût des semences. Cet excédent est partiellement comblé par le coût de la récolte supérieur à la ferme B (8 récoltes au lieu de 5). Le rapport des coûts s'inverse lors du calcul des coûts au m<sup>2</sup> en raison des densités inférieures à la ferme A.

#### 4.7.2 Calcul des revenus et bénéfices accrus

Les tableaux ci-dessous présentent les calculs servant à évaluer le revenu accru pour chaque traitement dans chaque ferme pour ensuite en déterminer le bénéfice accru.

Ferme A	
Rendement 18 x 60 (kg/m <sup>2</sup> )	7,648
Prix de vente moyen (\$/kg)	6,00 \$
Valeur 18 x 60 (\$/m <sup>2</sup> )	45,89 \$
Rendement 24 x 60 (kg/m <sup>2</sup> )	6,464
Prix de vente moyen (\$/kg)	6,00 \$
Valeur 24 x 60 (\$/m <sup>2</sup> )	38,79 \$
Revenu accru (\$/m <sup>2</sup> )	7,10 \$
Moins coût accru (\$/m <sup>2</sup> )	3,22 \$
<b>Bénéfice accru (\$/m<sup>2</sup>)</b>	<b>3,89 \$</b>

Ferme B	
Rendement 18 x 45 (kg/m <sup>2</sup> )	14,153
Prix de vente moyen (\$/kg)	3,59 \$
Valeur 18 x 45 (\$/m <sup>2</sup> )	50,81 \$
Rendement 24 x 45 (kg/m <sup>2</sup> )	11,638
Prix de vente moyen (\$/kg)	3,59 \$
Valeur 24 x 45 (\$/m <sup>2</sup> )	41,78 \$
Revenu accru (\$/m <sup>2</sup> )	9,03 \$
Moins coût accru (\$/m <sup>2</sup> )	3,47 \$
<b>Bénéfice accru (\$/m<sup>2</sup>)</b>	<b>5,56 \$</b>

Le bénéfice est positif, exprimant un revenu accru excédant le coût accru. La production à plus haute densité (18 po) **apparaît ainsi nettement profitable à chacune des deux fermes**. En effet, la production à plus haute densité apporte des bénéfices d'opérations accrus de 3,89\$/m<sup>2</sup> (Ferme A) et de 5,56 \$/m<sup>2</sup> (Ferme B).

## 5 Discussion et synthèse

### 5.1 Problèmes rencontrés et solutions pour 2014

Généralement, le déroulement des travaux et le monitoring ont très bien fonctionné. La collaboration entre le superviseur et chacun des fermes participantes a été excellente et témoigne d'un rodage acquis lors des projets précédents. Nous avons pu toutefois identifier quelques points dont l'amélioration aurait un effet positif sur la deuxième phase du projet.

Premièrement, le **climat** a considérablement perturbé les opérations en Ferme A. La production de plants a été retardée en raison de moindre luminosité dans la pépinière. La croissance a été ralentie par les températures très fraîches tant pour l'air et le sol. L'effet de ces conditions a été amplifié par l'utilisation d'un cultivar qui semble peu adapté aux conditions fraîches (Rebelski F1). Le climat humide a favorisé le maintien à un niveau élevé de la nappe phréatique, ralentissant le réchauffement du sol. La Ferme A envisage de localiser la production dans un terrain très bien drainé, au sol homogène, et d'utiliser un cultivar plus adapté aux conditions fraîches (probablement Big Beef F1 si les risques de moisissure olive ne sont pas trop élevés). Pour pallier aux conditions très fraîches qui y prévalent et pour allonger la saison de façon comparable à celle de la Ferme B, le tunnel de 2014 de la Ferme A sera en réalité une serre légèrement chauffée. Le chauffage permettra de plus de réduire le développement de l'éventuelle moisissure olive. Les conditions climatiques, tout au mieux, se rapprocheront de celles des tunnels du sud du Québec.

Deuxièmement, l'**hétérogénéité du stade de développement des plants** en Ferme B peut avoir eu une incidence sur le rendement relatif des diverses placettes. Les plants mieux développés au départ semblent avoir systématiquement produit deux bouquets de plus que les plants moins développés. Quoique répartis également entre les traitements, ils ne l'étaient pas entre les placettes d'un même traitement. Cette source de variation peu diminuer les chances d'obtenir des résultats significatifs et peut être contrôlée par un meilleur distancement en pépinière et par une meilleure sélection lors de la plantation.

Troisièmement, l'**utilisation des SSAT** a été peu utile en 2013. Beaucoup plus de soin doit être apporté à leur installation et leur usage pour obtenir des résultats utiles en cours de production. Nous envisageons le monitoring des microsites d'installation afin d'obtenir un volume constant de solution du sol d'un module à l'autre, ainsi que la détermination et l'uniformisation de la période de succion pour rendre comparables les valeurs d'une date à l'autre. Le problème de dilution de la solution par les eaux sous-jacentes, présumée en cause à la Ferme A, devrait aussi être résolu par la localisation du tunnel 2014 sur un sol très bien drainé.

Quatrièmement, pour s'assurer d'avoir des données valables, il faudra préciser et uniformiser les **critères de rejets** en incluant, entre autres, un calibre minimal pour les fruits commercialisables.

## 6.2 Synthèse des résultats

La première année d'essais nous a déjà permis d'obtenir des résultats significatifs et d'observer plusieurs tendances communes aux deux sites. Les améliorations pour 2014 vont permettre de vérifier en quelle mesure ces résultats et tendances vont se répéter dans le temps.

Les tableaux qui suivent présentent les résultats pour 2013. Chaque paramètre a fait l'objet d'une discussion détaillée au point 5.

Projet 12 Inno1-03 Résultats année 2013						
Cultivar : Traitements	Ferme A			Ferme B		
	Rebelski F1 greffé Maxifort F1 18 x 60	24 x 60	Seuil observé (p)	Big Beef F1 18 x 45	24 x 45	Seuil observé (p)
Densité (plants à deux têtes/m <sup>2</sup> )	1,4352	1,0764		1,9136	1,4352	
Résultats						
Rendement par plant (kg/plant)	5,329	6,005	0,212	7,396	8,109	0,029
Rendement au mètre carré (kg/m <sup>2</sup> )	7,648	6,464	0,059	14,153	11,638	0,001
Premier fruit mûr	29-août	29-août		18-août	18-août	
Rendement 2 premières récoltes (kg/m <sup>2</sup> )	1,079	0,888	0,577	0,291	0,404	0,466
Rendement 3 premières récoltes (kg/m <sup>2</sup> )	5,016	3,721	0,007	1,916	1,596	0,569
Rejets (kg/m <sup>2</sup> )	0,480	0,371	0,563	0,242	0,304	0,661
Rejets (%)	6,386	5,778	0,823	1,75	2,625	0,428
Calibre (kg)	0,260	0,276	0,467	0,244	0,255	0,408
Brix	4,321	4,276	n/a	4,648	4,706	n/a
Revenu accru (18 moins 24) (\$/m <sup>2</sup> )		7,10 \$			9,03 \$	
Coût accru (18 moins 24) (\$/m <sup>2</sup> )		3,22 \$			3,47 \$	
Bénéfice accru (18 moins 24) (\$/m <sup>2</sup> )		3,89 \$			5,56 \$	

Le traitement à basse densité (24 po) a donné le meilleur rendement par plant (significatif en Ferme B) et montre une tendance (non-significative dans les deux cas) positive sur le calibre.

Le traitement à haute densité (18 po) a donné le meilleur rendement au mètre carré (très significatif en Ferme B et presque significatif en Ferme A ( $p=0,059$ )).

Le traitement n'a pas eu d'effet sur la date du premier fruit mûr, sur le rendement des deux premières récoltes, sur les rejets, ni sur le taux de sucres (% Brix).

L'effet positif du traitement à haute densité (18 po), dans les deux fermes, compense plus que largement les coûts accrus et engendre des bénéfices accrus de 3,89 \$/m<sup>2</sup> (Ferme A) et 5,56 \$/km<sup>2</sup> (Ferme B).

## **7- Conclusion**

Malgré un climat généralement très difficile et aussi particulièrement dans une des deux fermes participantes, la première année d'exécution du projet a permis de montrer que l'utilisation d'une densité plus élevée donne à la fois de meilleurs rendements (+ 18 % et + 21 %) et une marge bénéficiaire accrue (+ 3,89 \$/m<sup>2</sup> et + 5,56 \$). dans chacune des deux fermes à l'étude.

Nous n'avons pas observé d'effet inverse diminuant cet effet positif, sinon une tendance à une légère diminution du calibre des fruits (env. 5 %).

Le contrôle de la fertilité et de l'irrigation dans le projet met en relief le rôle de la densité dans l'utilisation optimale du principal élément limitant de la culture de la tomate en tunnel, soit la lumière. La relativement courte saison de production en tunnel se concentre dans les mois de longue durée des jours et il convient d'utiliser au maximum cette ressource.

Les améliorations proposées, ainsi que l'éventualité d'un climat plus favorable, pourraient favoriser la pleine expression des effets de la densité. L'année 2014 permettra de vérifier ce point ainsi que les tendances observées.

L'augmentation de la densité, par l'ajustement de la distance entre les plants, permet aux entreprises d'accroître leur rentabilité de façon substantielle, et ceci sans avoir à débourser pour des équipements supplémentaires, améliorant du fait même leur capacité concurrentielle.